

澜沧、耿马地震前的定点形变异常特征

何翔 刘以齐

(云南省地震局)

摘 要

本文分析了1988年11月6日云南澜沧、耿马地震前定点形变异常特征。趋势性异常主要表现为异常持续时间较短,变化迅速,倾斜方向一致。异常持续过程中出现1—2个加速变化阶段;短期异常出现在震前2—6个月,主要表现为倾斜矢量打结、方向改变及速度明显减小;形变异常的方向与震中方向有一定的联系。

一、概 况

云南省的定点形变观测工作始于七十年代初。台站多分布在滇西试验场区以及滇东部分地区,共有专业台站13个(图1)。

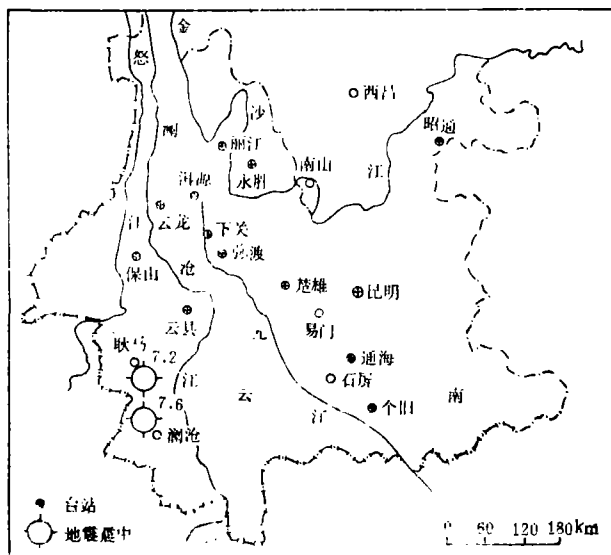


图1 定点形变台站分布图

Fig.1 Distribution of the fixed-point deformation stations in Yunnan Province

大部分台站的环境条件和仪器洞室复盖厚度、进深达到新规范要求。洞室可供架设多种多套仪器。各种仪器洞室及工作室的布置合理,减少了相互间的干扰。大部分洞室采取了防水、排水措施,洞内有多道隔门以保持洞室恒温。仪器洞室日温差不超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,年温差不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

定点形变观测仪器为石英摆倾斜仪、金属摆倾斜仪、FSQ浮子水管倾斜仪、SSY—2型石英伸缩仪。仪器的观测精度高、稳定性好、抗干扰能力强,对形变信息的敏感度高。FSQ水管仪精度为 10^{-8} — 10^{-9} ,石英伸缩仪精度为 10^{-9} — 10^{-10} ,摆式倾斜仪精度为 10^{-7} — 10^{-8} 。

二、澜沧、耿马地震前的形变异常及其特征

1988年澜沧、耿马地震前，绝大部分台站的形变观测资料出现了明显异常。本文选择其中主要的及较明显的资料分析其异常特征。

1. 趋势性变化

水管倾斜仪的自动测记系统是通过长水管两端读数之差求其高差值，所以，观测数据中的零点漂移基本上得到消除，它的低频变化成分就反映了地壳形变的趋势性变化。

楚雄台的台址条件较好。台址岩性为白垩纪粉砂岩，仪器墩是石灰岩粘接块墩，垂直复盖厚度约30—33米，水管仪、伸缩仪洞室进深为75米。该台位于震中北东方向，震中距约300公里。图2为该台1983—1989年的水管倾斜仪旬均值矢量图。从图中可以看出，该台地

倾斜存在长期变化。1983年至1985年地面向东南呈趋势性倾斜，变幅约为 $0.7''$ ，1986年至1988年转向往北东东倾斜，变幅为 $0.9''$ ，澜沧、耿马地震以后，又转向往南倾斜。楚雄台地处康滇菱形块体之中，位于小江断裂与红河断裂之间。楚雄地区往东南的趋势性倾斜与康滇菱形块体向东南的运动是一致的。笔者在讨论云南地区的重力均衡补偿作用时，发现从六库—南涧—东川存在一北东向的分界线，该界线以北为趋势性上升区，以南为趋势性下降区〔1〕，楚雄地区向东南倾斜与此结论也是一致的。云南省地震局测量队所进行的

水准测量也表明，在云南地区存在北升南降的垂直运动。所以楚雄地区向东南倾斜可以说是一种正常的趋势性变化。1986年之后向北东东转向则是趋势性异常变化。

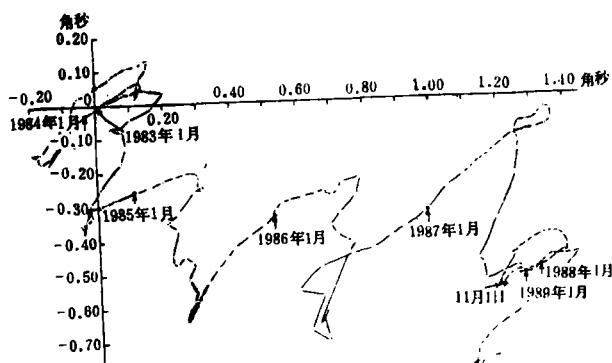


图2 楚雄台水管仪矢量图

Fig. 2 Tilt vectors of ten-day mean value by type FSQ watertube tiltmeter at Chuxiong Station

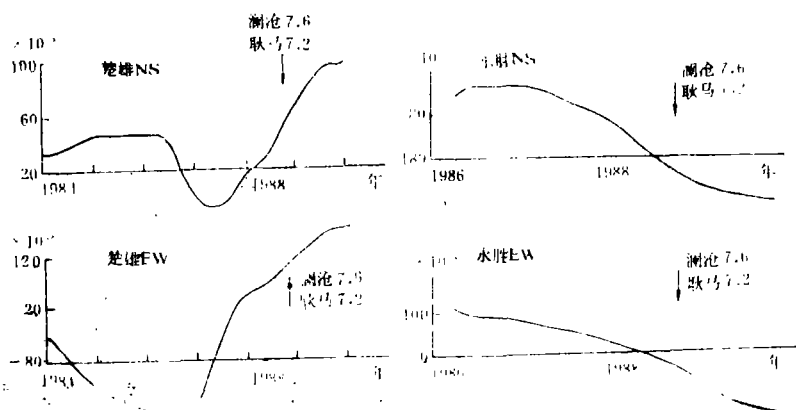


图3 伸缩仪单分量趋势性变化图

Fig. 3 Trend variation of linear strain by quartz extensometer

对楚雄台的石英伸缩仪的南北分量与东西分量观测数据经过高频滤波,基本上消除了年频及年频以上的高频部分,得到其趋势性变化曲线。图3表明,东西分量1984—1986年8月为趋势性压缩,32个月相对变化量为 160×10^{-8} ,变化速率很低。此后呈伸长趋势,其变化速率显著增高。1986年9月至1988年11月计27个月的总伸长量为 300×10^{-8} ,1989年下半年开始,变化速度减小。南北分量在1986年4月之前缓慢伸长,5月开始反向加速,明显压缩。1987年7月又反向呈伸长趋势,至1988年11月伸长量为 66×10^{-8} 。1989年下半年开始变化速率减小。其中,1988年4月开始,EW分量变化减速,而NS分量变化则再次加速。

永胜台台址条件较好,台址岩性为三叠纪砂岩,仪器墩为原生墩和粘接砂岩墩,垂直复盖厚度为40—80米,仪器洞室进深55米。该台位于震中北北东方向,震中距约为440公里。图4为永胜台水管倾斜仪旬均值矢量图。

从图4看出,1986—1987年永胜地区地壳变形的总趋势是往北北东倾斜;1988年转向,向北东东倾斜。在澜沧、耿马地震之前,永胜台与楚雄台显示的地倾斜方向大致相同,表明这是区域应力场统一作用的结果。

对永胜台的石英伸缩仪观测数据经过高频滤波后,分别得到其两个分量的趋势性变化曲线(图3)。图3表明,该台南北分量在1987年之前没有明显的趋势性变化,自1987年起呈

压缩趋势,其幅度为 75×10^{-8} 。1988年加速压缩,至11月变化幅度为 135×10^{-8} ,为1987年变幅的1.8倍。1989年变化速度减小。东西分量在1986年至1989年均表现为压缩趋势,1986年变化速度缓慢,1987年加速变化,到1988年6月再次加速,1989年下半年开始呈减速变化。1986年4月至1988年5月26个月压缩幅度为 100×10^{-8} ,1988年6月至1989年6月计13个月压缩量为 125×10^{-8} 。这里需要说明的是,EW向与NS向均为压缩状态,与应变分析中的应变椭圆并不矛盾。1988年11月的 $\epsilon_x = -49 \times 10^{-8}$, $\epsilon_y =$

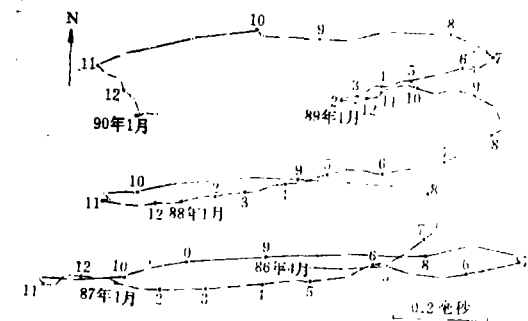


图4 永胜水管仪旬均值矢量图

Fig. 4 Tilt vectors of ten-day mean value by watertube tiltmeter at Yongsheng Station

-227×10^{-8} ,而最大主应变 $\epsilon_1 = 32 \times 10^{-8}$,最小主应变 $\epsilon_2 = -308 \times 10^{-8}$,方位角为 29° ,即压应力方向为南南西向。详情将另文介绍。

根据楚雄台水管仪旬均值矢量图的形态分析,也可以看出1988年的明显形变异常。图2表明,大震孕育时期与正常变化时期的倾斜矢量截然不同。1984年至1987年与1989年,矢量图的形态基本一致,雨季时,地面受降雨影响而往南西倾斜,雨季之后,地面向北东倾斜。而1983年与1988年却与此相反,矢量椭圆逆时针旋转,且变化速率和幅度大大减小,破坏了正常的年周期变化。此现象绝非偶然,1983年6月24日越南莱州发生7.0级大地震(震中距为410公里),1988年澜沧、耿马发生7.6级与7.2级地震,上述异常可能与这两次地震有关。

2. 短期异常

(1) 楚雄台 该台观测资料除了显示中期趋势性变化以外,其水管仪资料还显示了短期形变异常。图5a为南北分量旬均值变化曲线,用线性拟合消除其趋势性变化以后,根据正常年份各旬的数据求取相应的平均值作为经验数据,用消除趋势性变化后的旬均值减去

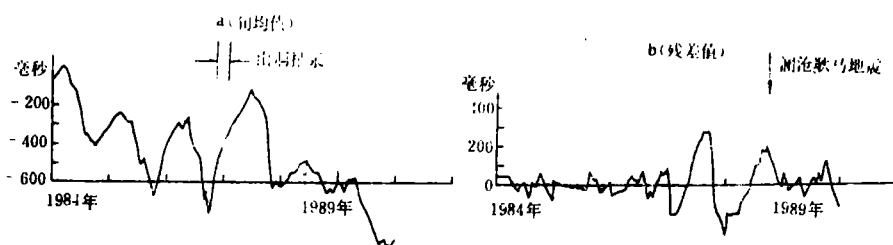


图5 楚雄水管仪NS分量旬均值图

Fig. 5 Ten-day mean value of NS component by watertube tiltmeter at Chuxiong Station

相应的经验数据,得到了残差值曲线(图5b)。该残差值曲线既消除了趋势性变化,又消除了年周期变化,异常显得更为清楚。该台正常年的残差均方差为 ± 0.27 毫秒,1988年最大偏离达200毫秒,远远大于2.5倍均方差。该异常开始于1988年5月,持续到大震后结束。

(2) 永胜台 从图4可见,永胜台水管仪观测资料的年周期变化规律较强,其矢量图的形态近似为一椭圆,每年7月开始向北倾斜,而1988年却打破了这一规律,向北倾斜的时间延迟,变化速度减慢,10月变化速度再次减小,主震发生后,变化速度仍然很小,次年5月基本恢复正常。其间发生多次强余震,并且,1989年4月四川巴塘发生4次6级以上的地震(震中距约为550公里),永胜台观测资料1989年5月才基本恢复正常可能与此有关。

(3) 弥渡台 台址岩性为三叠纪玄武岩,仪器墩为石灰岩粘接墩,垂直复盖厚约10—30米,仪器洞室进深20米,较永胜与楚雄台的条件差一些,因此其观测资料受外界干扰影响较前述台站大。但是该台的倾斜仪旬均值矢量图仍为一个长轴呈北东向的椭圆。该台位于震中的北北东方向,距震中约290公里。图6为弥渡台1988年5日均值矢量图。该图显示,7月初地倾斜矢量开始打结,出现异常,地震后恢复。

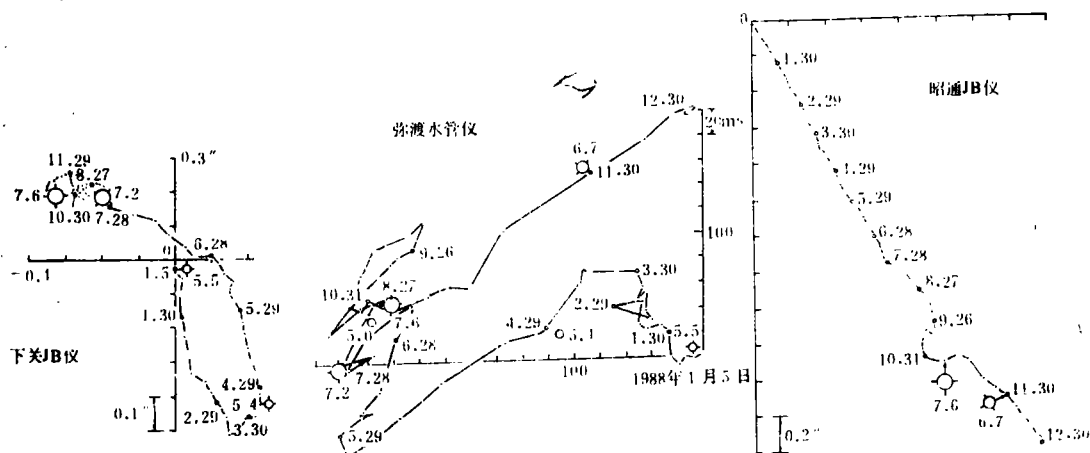


图6 倾斜仪5日均值矢量图

Fig. 6 Tilt vectors of five-day mean value by tiltmeter

(4) 下关台 该台位于震中以北约310公里处。台址岩性为白垩纪砂岩。仪器墩为混凝土墩,仪器洞室进深74米。该台金属摆倾斜仪的5日均值矢量图于7月底开始打结,出

现异常，震后基本恢复（图6）。

（5）昭通台 该台位于震中的北东方向640公里处。台址岩性为玄武岩，仪器洞室进深36米。该台金属摆倾斜仪五月均值矢量图在9月底至11月上旬偏离正常变化方向，出现倾斜异常（图6）。

3. 临震异常

个旧台位于震中以东360公里处。台址岩性为石灰岩，仪器墩为混凝土墩，垂直复盖厚度小于20米，仪器洞室进深80米。

图7为个旧台金属摆倾斜仪观测数据整点值图。在10月17日以前，该仪器观测值基本稳定。10月18日至20日向西倾 $0.13''$ ，20日至26日缓慢东倾 $0.1''$ ，于27日至28日又向西倾 $0.1''$ ，11月2日至3日东倾达 $0.17''$ 。上述情况并非其他干扰因素所致。该台据此并参考石英摆倾斜仪的变化曾经提出过临震预报意见。

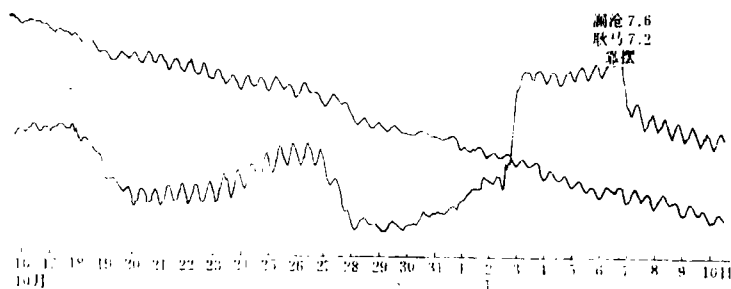


图7 个旧台金属摆倾斜仪整点值变化曲线

Fig. 7 Variation curve of hourly value by JB tiltmeter at Gejiu Station in 1988

三、小 结

综上所述，1988年澜沧、耿马地震前，定点形变异常具有如下特征，

（1）定点形变异常主要显示短期异常，台址条件好的台站长条形的仪器也能观测到趋势性异常，有些台站可以获得临震信息。由于云南地区地震频繁，趋势性异常变化的时间有其自身的特点，即异常的持续时间较少震区短，变化迅速。澜沧、耿马地震前，趋势性异常变化的时间特点是，1986年还比较平稳，1987年则加速或者反向加速，1988年又再次加速（图3），1989年下半年活动速率明显减小。短期异常的时间特点是，少数台站于震前6个月开始出现异常，震前4个月出现异常的台站增多，震前两个月（9月）出现异常的台站最多。地震发生以后，短期异常一般都随之结束。

（2）在空间上，各台所反映的倾斜趋势是协调一致的。楚雄台观测资料在1986年之前反映该地区向东南倾斜，永胜台观测资料反映该地区在1988年之前向北北东倾斜，但是在1988年两个台观测资料一致反映出向北东东倾斜的趋势（图2、4）。从图7可以看出，弥渡台的倾斜方向也为北东向。另外，跨断层测量也反映出，楚雄断裂、曲江断裂（通海测点）的垂直运动趋势是，北东盘下降，南西盘上升〔2〕。

短期异常表现为距震中越近，出现异常愈早的特点。但是，台址条件与仪器精度是主要影响因素。楚雄台台址条件好，仪器精度也高，因此它最先出现（1988年5月）短期异常，

弥渡台仪器精度高但台址条件差,在7月才出现异常。昭通台离震中最近(640公里),最后(9月)出现短期异常。

形变异常的方向与震中方向有着一定的联系。震中在个旧台正西方向(图1)。因此,个旧台仅东西分量有突出的临震信息(图7)。楚雄台在震中的北东方向,因而该台的两个分量都显示了明显的短期异常(图2)。

(3)形变异常的表现形式各有其特点,趋势性异常表现为震前具有协调一致的倾斜方向,还表现为具有一至两个加速活动阶段(包括反向加速)。短期异常的主要表现形式为倾斜矢量的减速、打结以及方向的改变;单分量图则为破坏正常年变化与加速变化。临震异常表现为加速变化。短期、临震异常随地震的发生而结束,或随强余震的发生而结束。

感谢个旧台形变组的帮助。

(本文1990年12月10日收到)

参 考 文 献

- [1] 何翔、吴国华,云南地区的地壳厚度和重力均衡补偿作用(英文稿),地震研究,Vol. 9, No. 4, 1986.
- [2] 何翔,1988年澜沧、耿马地震前的形变异常,地震,待刊.

FIXED-POINT DEFORMATION ANOMALY AND ITS CHARACTERISTICS BEFORE THE LANCANG-GENGMA EARTHQUAKE

He Xiang, Liu Yiqi

(Seismological Bureau of Yunnan Province, Kunming, China)

Abstract

This paper analyses the characteristics of fixed-point deformation anomaly before the Lancang-Gengma, Yunnan Province, earthquake on Nov. 6, 1988. The results show that the trend anomalies are characterized by short, anomalous duration time, change rapid, consistent tilt direction in space, 1—2 accelerated change stages during the anomalous duration process; the short-term anomalies appeared 2—6 months before the earthquake, with the tilt vector to knot, the direction change and the obvious velocity decrease; the direction of deformation anomaly has some contact with the epicentral direction.